

METODY STANOVENÍ MNOŽSTVÍ NADZEMNÍ BIOMASY BOROVICE LESNÍ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) V PODMÍNKÁCH HOSPODÁŘSKÉHO SOUBORU 13 A 23



doc. Ing. JIŘÍ REMEŠ, Ph.D.

Ing. LUKÁŠ BÍLEK, Ph.D.

doc. Ing. DANIEL ZAHRADNÍK, Ph.D.

**Metody stanovení množství
nadzemní biomasy borovice lesní
(*Pinus sylvestris* L.) v podmínkách
hospodářského souboru 13 a 23**

Certifikovaná metodika

doc. Ing. Jiří Remeš, Ph.D.

Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

doc. Ing. Daniel Zahradník, Ph.D.

Strnady 2016

Lesnický průvodce 18/2016

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.

Strnady 136, 252 02 Jíloviště

www.vulhm.cz

Publikace vydané v řadě Lesnický průvodce jsou dostupné v elektronické verzi na:

http://www.vulhm.cz/lesnicky_pruvodce

Vedoucí redaktor: Ing. Jan Řezáč; e-mail: rezac@vulhm.cz

Výkonná redaktorka: Miroslava Valentová; e-mail: valentova@vulhmop.cz

Grafická úprava a zlom: Klára Šimerová; e-mail: simerova@vulhm.cz

ISBN 978-80-7417-131-4

ISSN 0862-7657

METHODS FOR DETERMINING THE QUANTITY OF ABOVEGROUND BIOMASS OF SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) IN FOREST MANAGEMENT UNITS 13 AND 23

Abstract

The proposed methodology is targeted at the quantification of the aboveground biomass of one of our major commercial tree species, Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). The first part of this document provides detailed methodological guidance for the empirical determination of the aboveground biomass of Scots pine, by utilising destructive analysis. The data were collected in natural pine stands on acidic (2K) and nutrient-poor (0M) forest sites in the conditions of the Czech Republic in model locality of Municipal forest of Doksy, Ltd. In total, in the frame of research project of the National Agency for Agricultural Research (NAZV), 18 selected sample trees were felled and the dry mass of their particular components was estimated. The second part of the methodology shows best suited local models for the estimations of above-ground biomass of Scots pine based on dendrometric characteristics of individual trees ($d_{1,3}$, h , h_k). For five types of tested allometric equations parameters were determined and coefficient of determination and error rate was calculated. Two models with best prediction of above-ground biomass for Scots pine were selected.

Key words: biomass components, tree allometry, logging residues, Scots pine, sustainability of forest production

Oponenti: Ing. Petr Navrátil, CSc., ÚHÚL, pobočka Jablonec nad Nisou
Ing. Dušan Kacálek, Ph.D., VÚLHM, v. v. i., Výzkumná stanice Opočno

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská

Adresa autorů:

doc. Ing. Jiří Remeš, Ph.D.

Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

doc. Ing. Daniel Zahradník, Ph.D.

Česká zemědělská univerzita v Praze

Kamýcká 129

165 00 Praha 6 - Suchbátka

e-mail: remes@fld.czu.cz

Obsah:

1	ÚVOD	7
2	CÍL METODIKY	9
3	METODIKA	10
3.1	Empirické stanovení nadzemní biomasy borovice lesní	10
3.2	Alometrické rovnice pro výpočet nadzemní biomasy borovice lesní	13
4	SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ	17
5	POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	17
6	EKONOMICKÉ ASPEKTY	17
7	DEDIKACE	18
8	LITERATURA.....	19
8.1	Seznam použité literatury	19
8.2	Seznam publikací, které předcházely metodice	21
	SUMMARY	22
	PŘÍLOHA	24

1 ÚVOD

Dřevo je velmi důležitou obnovitelnou surovinou, kterou poskytují lesní ekosystémy. Je však třeba zajistit, aby bylo hospodaření v lesích trvale udržitelné. Z pohledu koloběhu látek jde zejména o to, aby byl výstup živin z ekosystému, představovaný těžbou a využíváním dřeva, nahrazen postupným zvětváváním minerálních částic půdy a atmosférickou depozicí. Tato rovnováha je umožněna jednak dlouhodobostí lesnického hospodaření s obvyklým produkčním intervalem 80–150 let, jednak tím, že výsledným produktem je dřevo, které je tvořeno především uhlíkem, kyslíkem a vodíkem, tedy prvky, jež rostliny získávají přímo z ovzduší a z vody (ŠRÁMEK et al. 2009). Proto je tradiční forma lesnického hospodaření, kdy se využívá dřevní hmota hroubí kmenů, považována za relativně málo rizikovou. Jiná situace ovšem nastává, když se hospodářsky využívá celá nadzemní biomasa. V současné době se v České republice (ČR) přitom do popředí lesnického zájmu dostává právě využití i těžebních zbytků (tedy hmoty nehroubí). V severských státech Evropy je tento trend zřejmý již delší dobu (JACOBSON et al. 2000). Hlavní motivací je především jejich energetické využití, což lze spatřovat mimo jiné i jako důsledek mezinárodních závazků ČR vyplývajících ze směrnice 2009/28/ES, která určuje závazný cíl podílu obnovitelných zdrojů energie na konečné spotřebě energie ve výši 13 % v roce 2020. Protože je zřejmé, že biomasa (a tím i těžební zbytky) tvoří značný podíl z obnovitelných zdrojů, které se u nás využívají pro výrobu energie (tepla i elektřiny), je význam této suroviny značný. Dalším faktorem, jenž tento zájem vyvolává, je potenciální ekonomický profit pro vlastníky lesů z té části lesní produkce, ze které byl ještě do nedávné minulosti finanční zisk nemožný (REMEŠ et al. 2015). Hlavní cíle využití biomasy (tím i lesní dendromasy) jsou spatřovány v přímém spalování (tepelná a elektrická energie), kogeneraci (elektrická energie a teplo), výrobě bioplynu a kapalných biopaliv, popřípadě v neenergetickém a materiálovém využití (stavebnictví, dřevozpracující průmysl, farmaceutický a chemický průmysl; NIKL et al. 2012). Využívání lesních těžebních zbytků jako zdroje k výrobě energie je však s výjimkou skandinávských zemí v celé EU ve velké míře nedostatečné. Velkou překážkou zůstávají náklady na těžbu, zpracování a odvoz. V této souvislosti schválila vláda ČR v roce 2012 již druhý Akční plán pro biomasu (APB) na období 2012 až 2020, který navazuje na obdobný dokument pro období 2009 až 2011. Jedním z hlavních cílů nového plánu je určení kvantifikovaného energetického potenciálu zemědělské a lesní dendromasy a kvantifikace množství energie, která může být reálně vyrobená z biomasy v ČR s výhledem do roku 2020.

Pro kvantifikaci biomasy jsou k dispozici dva základní postupy:

- a) výpočet biomasy stromu za použití vhodných alometrických rovnic,
- b) převod objemu jednotlivých stromů nebo celých porostů na hodnotu celkové nadzemní biomasy pomocí tzv. konverzních (převod objemu na hmotnost) a expanzních faktorů (převod objemu či hmotnosti hroubí na objem nebo hmotnost celého stromu) nebo kombinace obou způsobů (SOMOGYI et al. 2006; ČIHÁK et al. 2012).

Pro použití alometrických rovnic je třeba mít k dispozici vstupní data o jednotlivých stromech (výčetní tloušťka, výška stromu, délka koruny apod.). Pro kvantifikaci biomasy na konkrétní lokalitě či menším území je nej přesnější metodou použití lokálních alometrických rovnic (BOLLANDSÅS et al. 2009; ALBAUGH et al. 2009; ČIHÁK et al. 2012).

Tento postup však není vhodný pro odhad biomasy na úrovni větších území, kde je vhodnější použít obecné modely pro výpočet biomasy (WUTZLER et al. 2008; WIRTH et al. 2004; MUUKKONEN 2007; ČIHÁK et al. 2012). K těmto modelům je však zapotřebí mít k dispozici velké množství vzorků z mnoha lokalit. Na rozdíl od klasických alometrických rovnic, kde je biomasa odvozována pouze ze základních dendrometrických veličin (výčetní tloušťky, resp. výšky stromu, délky koruny), do obecných modelů může vstupovat široký soubor prediktorů - kromě dimenzí stromu též věk porostu, nadmořská výška, bonita, případně další stanovištní charakteristiky (ČIHÁK et al. 2012).

Poslední jmenovaný postup kvantifikace biomasy za současného použití konverzních a expanzních faktorů (biomass expansion factors – BEF) byl vyvinut primárně pro odhad biomasy lesních porostů v národním měřítku a kvantifikaci množství uhlíku vázaného v lesních ekosystémech pro účely národních zpráv o inventarizaci emisí skleníkových plynů, tzv. emisních inventur (IPCC 2003, 2006). Jedná se však o generalizující přístup, který vykazuje značnou nepřesnost, zejména pro lokální využití.

Vzhledem k tomu, že výzkumný projekt zaměřený na optimalizaci využívání těžebních zbytků byl řešen na modelovém území Městských lesů Doksy, byla pro kvantifikaci komponent nadzemní biomasy využita metoda lokálních modelů a byly odvozeny originální alometrické rovnice.

Komplexní využití nadzemní biomasy dřevin může představovat vedle ekonomických přínosů i významnou ztrátu živin, protože právě těžební zbytky (kůra, dřevo větví a asimilační orgány) obsahují nejvyšší podíl základních živin, jako je např. N, P, K (MATERNA 1963; ŠRÁMEK et al. 2009; SAARSALMI et al. 2010). Odstraňování

těžebních zbytků tak může mít například vliv na dostupnost fosforu nebo draslíku a rozvoj i funkci mykorhizy, což může v důsledku ovlivňovat absorpci živin a růst stromů (MAHMOOD et al. 1999). Množství odčerpaných živin přitom závisí na druhu dřeviny, druhu a intenzitě těžby (PALVIAINEN, FINÉR 2012). Tato rizika vystupují do popředí také v souvislosti s degradací půd, která se projevuje nedostatkem některých (především bazických) prvků v půdě a ve výživě dřevin (HÜTTL 1986; HELMISAARI et al. 2011; TAMMINEN et al. 2012). To se může projevovat např. žloutnutím asimilačního aparátu i celkovým chřadnutím dřevin (MATERNA 2002; VACEK et al. 2009). Jedná se přitom o důsledky dlouhodobé acidifikace půd způsobené vysokou kyselou depozicí (ŠRÁMEK et al. 2009). Pro odpovědné rozhodování vlastníků lesů i pro objektivní regulaci využití těžebních zbytků ze strany státní správy je proto nezbytné co nejpřesněji objem, resp. hmotnost nadzemní biomasy nehroubí a také množství v ní poutaných živin kvantifikovat, a to především v oblastech, kde lze důvodně předpokládat zvýšená rizika. Z těchto důvodů byl na stanovištích přirozených borů zahájen v roce 2012 výzkum problematiky vlivu využití těžebních zbytků na stav půd a trvalost lesní produkce. Předložená metodika přináší jednak metodický postup pro získání empirických dat z těžených vzorníků a samotné originální lokální alometrické rovnice pro kvantifikaci množství nadzemní biomasy borovice odděleně pro hmotu hroubí a nehroubí v podmínkách Městských lesů Doksy (HS 13 a 23).

2 CÍL METODIKY

Cílem metodiky je poskytnout přesný návod na stanovení nadzemní biomasy borovice lesní na základě pokácených vzorníkových stromů a publikovat lokální model pro odvození množství jednotlivých komponent nadzemní biomasy borovice lesní odvozený pro podmínky přirozených borových stanovišť (HS 13) a nižších poloh kyselé ekologické řady (HS 23).

3 METODIKA

3.1 Empirické stanovení nadzemní biomasy borovice lesní

Sběr dat pro účely stanovení nadzemní biomasy borovice lesní probíhal v modelové oblasti v okolí Doks a Břehyně. Porosty se nacházejí na stanovištích, jejichž podloží tvoří zvětraliny kvádrových pískovců, půdním typem je podzol arenický. Území je řazeno do přírodní lesní oblasti 18 – Severočeská pískovcová plošina a Český ráj. Průměrné srážky dosahují 550 mm ročně, průměrná roční teplota se pohybuje mezi 7–8 °C. Před samotnou analýzou vzorníků byly zjištěny základní dendrometrické a taxační parametry zkoumaných porostů. Na zkusných plochách (20 m × 20 m) byla u všech stromů změřena výčetní tloušťka a výška. Na základě zjištěných údajů byl vypočten objem každého stromu pomocí objemových rovnic (PETRÁŠ, PAJTIK 1991) a následně byla stanovena zásoba porostu. Dále bylo v každém porostu vybráno několik vzorníků (4–6), které byly následně skáceny a byly z nich separovány jednotlivé části biomasy. Tyto vzorníky byly vybírány tak, aby odpovídaly svými rozměry výčetní tloušťky intervalu ± 8 cm od střední tloušťky a ± 3 m od hodnot střední výšky zjištěných porostních charakteristik. Celkem bylo analyzováno 18 vzorníků (tab. 1).

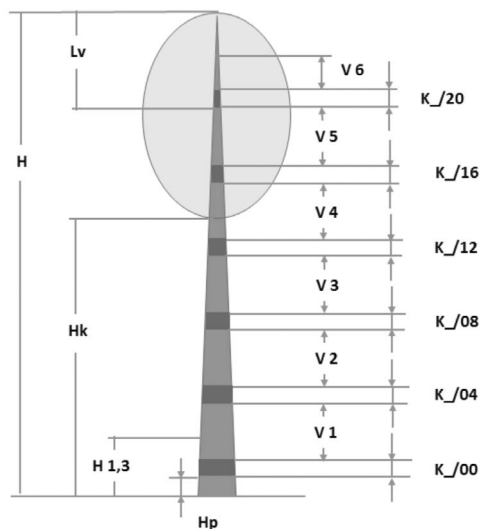
Kmeny byly po pokácení odvětveny, změřena byla délka kmene do tloušťky hroubí, separován byl vrchol kmene (nehroubí – $d_{1,3} < 7$ cm v kůře). Byla změřena výška pařezu (Hp) a výška nasazení živé koruny (Hk). Dále byla změřena výčetní tloušťka ve dvou na sebe kolmých směrech s přesností na 1 mm. Z odvětvěného kmene byly poté odebrány kotouče. První kotouč $K_{-/00}$ byl odebrán z čela kmene, výška kotouče byla 10 cm. Dále byl vždy odříznut čtyřmetrový výřez ($V1, \dots, V5$) + nadměrek (10 cm) a za ním byl odříznut další kotouč ($K_{-/04}, K_{-/08}, \dots, K_{-/20}$). Odebrané kotouče byly přímo na místě zváženy na závěsných vahách značky KERN (váživost do 200 kg, přesnost vážení 0,05 kg). Dále byla změřena délka vršku (Lv) od čepu posledního čtyřmetrového výřezu až po špičku stromu. Následně byla vypočtena výška (délka) stromu jako součet délek čtyřmetrových výřezů, výšek odebraných kotoučů, výšky pařezu a délky vršku. Schéma měřených sekcí a odběrů kotoučů je uvedeno na obr. 1. Větve byly rozděleny do tří kategorií podle tloušťky na silné (3–7 cm), střední (1,5–3 cm) a slabé včetně jehličí (0–1,5 cm). Všechny větve dané kategorie byly v terénu zváženy na závěsných vahách. Následně byly z každé skupiny větví odebrány vzorky podle schématu: 4–5 suchých větví různých tloušťek, 5 ks tenkých větví (0–1,5 cm) odebraných z horní i spodní části koruny, 3 ks středně

tlustých větví (1,5–3 cm), 1 ks tlusté větve (3–7 cm). Pro účely hodnocení distribuce biomasy v této metodice bylo nehroubí rozděleno do dvou kategorií v intervalech do 1,5 cm a 1,5–7 cm tloušťky. Veškerý vzorkovaný materiál byl z terénu přepraven do laboratoře, kde byl znovu zvážen a přeměřen. Odseparována byla kůra, která byla analyzována zvlášť. Odebrané vzorky (kůry kotoučů a větví, dřeva větví a kotoučů a asimilačního aparátu) byly sušeny při teplotě 80 °C (± 2 °C) do konstantní hmotnosti, aby bylo možné kvantifikovat hmotnost sušiny jednotlivých částí nadzemní biomasy. Koncentrace hlavních biogenních prvků v jednotlivých částech biomasy byla provedena v akreditované laboratoři Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., ve Strnadlech.

Po vysušení odebraných kotoučů se stanovila tzv. konvenční hustota dřeva (ρ_k), která je definována jako poměr váhy kotouče s nulovou vlhkostí ($M_{sušina}$) a odpovídajícího objemu měřeného v čerstvém stavu *in situ* (V_{max}):

$$\rho_k = \frac{M_{sušina}}{V_{max}}$$

ρ_k - konvenční hustota dřeva, $M_{sušina}$ - hmotnost kotouče po vysušení na standardní hmotnost, V_{max} - objem kotouče v čerstvém stavu.



Obr. 1: Schéma měřených sekcí a míst odběrů kotoučů (upraveno podle J. Procházky).

Průměrná hodnota konvenční hustoty dřeva kmene daného vzorníku se použije pro přepočet vypočteného objemu kmene na jeho hmotnost v sušině, zvlášť se vypočte hmotnost dřeva kmene v sušině a hmotnost kůry kmene v sušině. Dále se u každého vzorníku určuje hmotnost kůry větví v sušině a hmotnost dřeva větví v sušině.

Tabulka 1: Přehled vzorníků analyzovaných pro stanovení množství nadzemní biomasy na území Městských lesů Doksy.

Č. vzorníku	$d_{1,3}$ (cm)	h (m)	H_k (m)	V (m ³)
1	43,8	27,2	14,5	1,616
2	39,6	28,2	15,5	1,376
3	31,3	25,3	15,6	0,785
4	43,1	29,8	15,7	1,710
5	31,7	21,1	12,5	0,676
6	31,6	21,8	8,0	0,693
7	30,1	24,4	13,0	0,703
8	27,2	22,5	12,5	0,534
9	30,9	20,1	11,8	0,574
10	19,8	16,2	7,0	0,209
11	24,6	19,7	12,3	0,379
12	25,7	18,5	8,4	0,363
13	11,2	12,4	7,8	0,045
14	16,3	14,9	6,6	0,129
15	11,0	11,2	5,7	0,039
16	9,3	10,1	6,6	0,022
17	19,2	14,7	6,5	0,179
18	13,4	13,7	6,4	0,078

3.2 Alometrické rovnice pro výpočet nadzemní biomasy borovice lesní

Vztah mezi množstvím biomasy a základními dendrometrickými veličinami byl modelován pomocí výběru z často používaných alometrických funkcí (BARTELINK 1997; PRETZSCH 2000; CIENCIALA 2005, 2006; MUUKKONEN 2007; WUTZLER 2008; VEJPUSTKOVÁ 2013; ZIANIS et al. 2009):

$$y = a D^b, \quad (1)$$

$$y = a (D^2 H)^b, \quad (2)$$

$$y = a (D^2 (H - H_K))^b, \quad (3)$$

$$y = a D^b H^c, \quad (4)$$

$$y = a D^b (H - H_K)^c \quad (5)$$

kde a , b , c jsou parametry modelů, D je výčetní tloušťka, H je výška stromu a H_K je výška nasazení koruny. Schopnost funkcí vystihnout vztahy mezi zkoumanými veličinami byla posuzována pomocí střední chyby odhadu

$$SE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - k}} \quad (6)$$

a koeficientu determinace

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}, \quad (7)$$

kde n je počet vzorníků, k je počet odhadovaných parametrů modelu, y_i a $\hat{y}_i$ jsou skutečná a modelová hodnota zkoumané veličiny i -tého vzorníku a $\bar{y}$ je průměrná hodnota této veličiny pro všechny vzorníky.

Pro všechny segmenty vzorníků (dřevo hroubí, kůra u hroubí, atd.) byly odhadnuty parametry funkcí (1)–(5) a vyhodnocena jejich úspěšnost pomocí střední chyby odhadu a koeficientu determinace. Obecně nejvhodnější se jeví funkce (4) a (5); jejich parametry jsou uvedeny v tabulkách (Tab. 2 a 3).

Při použití funkcí (4) a (5) bylo na úrovni jednotlivých stromů dosaženo relativní chyby v určení velikosti biomasy přibližně 20 % pro hroubí a celé stromy a chyby 25 % – 30 % pro nehroubí. Funkce (4) přitom vykazuje mírně lepší výsledky pro biomasu hroubí, pro biomasu nehroubí je v souladu s předpoklady zřetelně lepší

funkce uvažující velikost (délku) koruny stromu, tj. (5). Při určení biomasy celého stromu vykazují obě funkce obdobnou přesnost.

Míra přesnosti, resp. chybovost modelů odpovídá obdobným modelům konstruovaným pro jiné dřeviny a lokality (např. VEJPUŠKOVÁ et al. 2013). Je nutné poznamenat, že je to chyba jednoho kmene, při počítání biomasy celého porostu se chyby budou vzájemně eliminovat a např. pro 100 stromů lze očekávat úhrnnou chybu $\pm 2\%$. Úhrnná chyba u stanovovaných komponent nadzemní biomasy na celém souboru vzorníkových stromů oscilovala mezi -1 a +3 %. Význam chyb

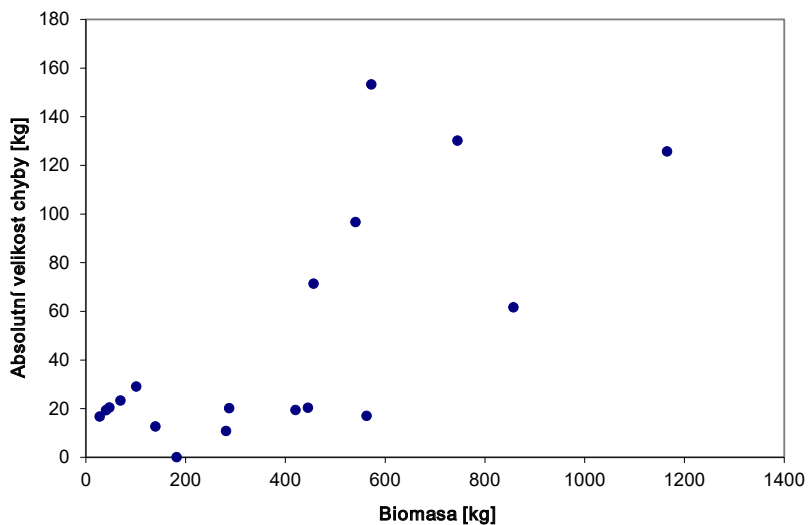
Tabulka 2: Biomasa – model (4).

	a	b	c	R²	SE
Strom	0,1119 (0,0838)	1,0230 (0,3990)	1,5574 (0,5414)	0,954	72,458
Hroubí, dřevo	0,0343 (0,0281)	0,8526 (0,4199)	2,0271 (0,5751)	0,955	57,134
Hroubí, kůra	0,0099 (0,0095)	1,6008 (0,5184)	0,7973 (0,6899)	0,924	5,653
Hroubí, celkem	0,0410 (0,0336)	0,9097 (0,4203)	1,9320 (0,5743)	0,954	61,806
1,5-7, dřevo	0,0140 (0,0190)	0,5019 (0,7267)	2,1203 (1,0023)	0,854	15,902
1,5-7, kůra	0,00029 (0,00058)	0,7007 (1,0166)	2,3123 (1,4025)	0,758	1,675
1,5-7, celkem	0,0142 (0,0194)	0,5169 (0,7303)	2,1233 (1,0070)	0,853	17,195
do 1,5	61,0768 (68,9658)	4,2933 (0,8042)	-4,9810 (1,1007)	0,751	8,108
Nehroubí celkem	0,595026 (0,4878)	1,633 (0,5006)	-0,171345 (0,6732)	0,891	17,408

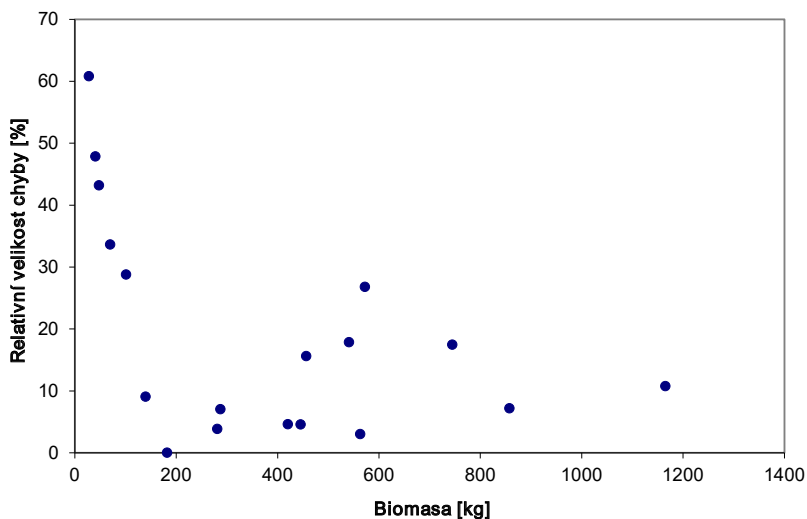
Tabulka 3: Biomasa – model (5).

	a	b	c	R²	SE
Strom	0,1134 (0,0755)	2,4721 (0,2942)	-0,0317 (0,2799)	0,965	68,437
Hroubí, dřevo	0,0488 (0,0407)	2,5562 (0,3695)	0,0764 (0,3511)	0,952	63,113
Hroubí, kůra	0,0093 (0,0067)	2,1127 (0,3177)	0,3590 (0,3184)	0,956	4,624
Hroubí, celkem	0,0561 (0,0459)	2,5238 (0,3625)	0,0972 (0,3457)	0,953	67,179
1,5-7, dřevo	0,0098 (0,0088)	2,6416 (0,3983)	-0,1182 (0,3718)	0,934	11,476
1,5-7, kůra	0,000059 (0,000071)	3,4243 (0,5447)	-0,2046 (0,4838)	0,917	1,056
1,5-7, celkem	0,0092 (0,0081)	2,6794 (0,3881)	-0,1161 (0,3612)	0,938	11,964
do 1,5	1,7934 (1,9733)	2,2624 (0,5284)	-2,1437 (0,6609)	0,694	9,649
Nehroubí celkem	0.1686(0.0890)	2.2909(0.2310)	-0.6262(0.2248)	0.953	11,239

modelového stanovení nadzemní biomasy závisí na velikosti stromu. U velkých je chyba v absolutním vyjádření velká (± 100 kg), v relativním vyjádření je ovšem malá (± 10 %). U malých stromů je to naopak, viz obrázky 2 a 3.

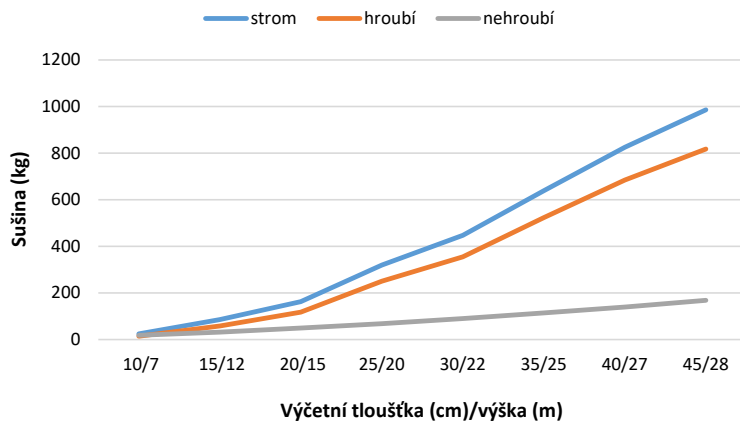


Obr. 2: Absolutní velikost chyby v závislosti na celkové biomase stromu.

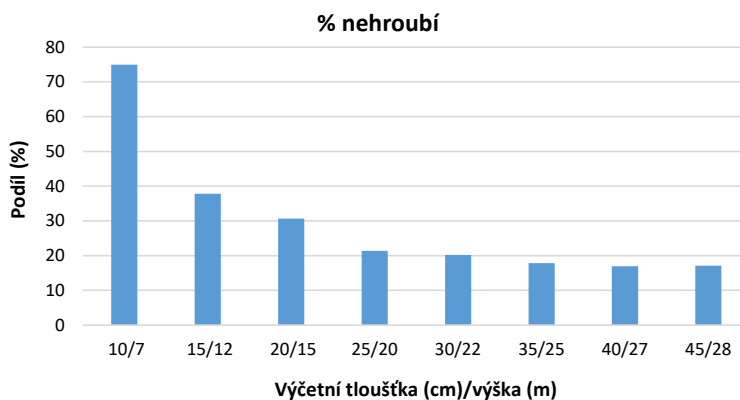


Obr. 3: Relativní velikost chyby v závislosti na celkové biomase stromu.

Výsledky modelování nadzemní biomasy pro vybrané dendrometrické veličiny stromů jsou uvedeny na obrázcích 4 a 5. V příloze jsou uvedeny další grafické výstupy modelů, které prezentují závislost nadzemní biomasy na tloušťce a výšce stromu.



Obr. 4: Množství sušiny pro modelové dimenze stromů.



Obr. 5: Podíl sušiny nehroubí pro modelové dimenze stromů.

4 SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

V rámci řešení projektu NAZV QJ1220099 „Optimalizace využití těžebních zbytků v lesích s ohledem na bilanci živin a trvalost lesní produkce“ bylo na modelovém území Městských lesů Doksy podrobně analyzováno 18 vzorníků borovice lesní různého věku (30–150 let) a různých dimenzí (9–43 cm $d_{1,3}$). Na základě získaných empirických dat byly vytvořeny originální modely pro stanovení komponent nadzemní biomasy validované pro modelové území a v širším měřítku využitelné i pro jiné oblasti chudých a kyselých borových stanovišť.

5 POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Metodika je určena pro praktické využití vlastníky a správci lesů, lesními hospodáři, subjekty provádějícími lesnické činnosti, státní správou lesů, orgány státní správy ochrany přírody a akademickými pracovníky. Metodiku lze uplatnit při kalkulaci objemu komponent nadzemní biomasy v nižších polohách na chudších stanovištích s převahou borového hospodářství s využitím základních dendrometrických veličin jednotlivých stromů. Metodiku lze využít i pro ekonomické úvahy nad využitelností těžebních zbytků v lesních porostech.

6 EKONOMICKÉ ASPEKTY

Ekonomické aspekty využití této metodiky jsou nepřímé a vyplývají spíše z možnosti využití této metodiky jako kontrolní metody pro stanovení skutečného množství biomasy v lesních porostech. To má význam především tam, kde se v rámci mýtních těžeb plánuje i využití těžebních zbytků pro bioenergetické účely. Metodika nabízí i postup pro přesnější stanovení zásob borových porostů pro lepší ekonomické plánování mýtních a výchovných zásahů. Využíváním těžebních zbytků může majiteli vzniknout při mýtní těžbě dodatečný zisk (na úrovni cca 60 Kč.m⁻³).

7 DEDIKACE

Metodika byla zpracována v rámci řešení výzkumného projektu NAZV QJ1220099 „Optimalizace využití těžebních zbytků v lesích s ohledem na bilanci živin a trvalost lesní produkce“.

Autoři by na tomto místě chtěli poděkovat všem, kteří se podíleli na sběru dat v terénu a jejich zpracování v laboratoři, konkrétně Ing. Jiřímu Procházkovi, Ing. Martinu Fulínovi, Ph.D., Ing. Tině Chalupové a Ing. Martinu Jahodovi.

8 LITERATURA

8.1 Seznam použité literatury

- ALBAUGH T.J., BERGH J., LUNDMARK T., NILSSON U., STAPE J., ALLEN H.L., LINDER S. 2009. Do biological expansion factors adequately estimate stand-scale aboveground component biomass for Norway spruce? *Forest Ecology and Management*, 258: 2628–2637.
- BARTELINK H. H. 1997. Allometric relationship for biomass and leaf area of beech (*Fagus sylvatica* L.). *Ann. For. Sci.*, 54: 39–50.
- BOLLANDSÅS O.M., REKSTAD I., NÆSSED I., RØSBERG I. 2009. Models for predicting above-ground biomass of *Betula pubescens* ssp. *Czerepanovii* in mountain areas of southern Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 24: 318–332.
- CIENCIALA E., ČERNÝ M., APLTAUER J., EXNEROVÁ Z. 2005. Biomass functions applicable to European beech. *Journal of Forest Science*, 4: 147–154.
- CIENCIALA E., ČERNÝ M., TATARINOV F., APLTAUER J., EXNEROVÁ Z. 2006. Biomass functions applicable to Scots pine. *Trees*, 20: 483–495.
- ČIHÁK T., VEJPUSTKOVÁ M., ŠRÁMEK V., MARUŠÁK R. 2012. Vyhodnocení alometrických rovnic pro stanovení nadzemní biomasy smrku ztepilého (*Picea abies* /L./Karst.) z oblasti Orlických hor. *Zprávy lesnického výzkumu* 57(3): 257–265.
- EGNELL G., ULVCRONA K.A. 2015. Stand productivity following whole-tree harvesting in early thinning of Scots pine stands in Sweden. *Forest Ecology and Management*, 340: 40–45.
- HELMISAARI H.S., HOLT HANSEN K., JACOBSON S., KUKKOLA M., LUIRO J., SAARSALMI A., TAMMINEN P., TVEITE B. 2011. Logging residue removal after thinning in Nordic boreal forests: long-term impact on tree growth. *Forest Ecology and Management*, 261: 1919–1927.
- HÜTTL R. F. 1986. Neuartige Waldschäden und Nährelementversorgung von Fichtenbeständen in Südwestdeutschland am Beispiel Oberschwaben. *Kali-Briefe*, 17: 1–7.
- IPCC 2003. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. [on line]. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, 675 s. [cit. 12. dubna 2012]. Dostupné na World Wide web: <http://www.ipcc-ggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf.html>

- IPCC 2006. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories [on line]. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. [cit. 12. dubna 2012]. Dostupné na World Wide Web: <http://www.ipcc-ggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>
- JACOBSON S., KUKKOLA M., MÄLKÖNEN E., TVEITE B. 2000. Impact of whole-tree harvesting and compensatory fertilization on growth of coniferous thinning stands. *Forest Ecology and Management*, 129: 41–51.
- MAHMOOD S., FINLAY R.D., ERLAND S. 1999. Effects of repeated harvesting of forest residues on the ectomycorrhizal community in a Swedish spruce forest. *New Phytologist*, 142: 577–585.
- MATERNA J. 1963. Výživa a hnojení lesních porostů. Praha, SZN: 227 s.
- MATERNA J. 2002. Souhrnné výsledky průzkumu stavu povrchových vrstev lesních půd v období 1993–1999. Brno, ÚKZÚZ: 98 s.
- MUUKKONEN P. 2007. Generalized allometric volume and biomass equations for some tree species in Europe. *European Journal of Forest Research*, 126: 157–166.
- NIKL M., SOUŠEK Z. et al. 2012. Pěstování a využití biomasy lesních dřevin pro další zpracování a energetické účely. ÚHUL, Brandýs nad Labem: 40 s.
- PALVIAINEN M., FINÉR L. 2012. Estimation of nutrient removals in stem-only and whole-tree harvesting of Scots pine, Norway spruce, and birch stands with generalized nutrient equations. *European Journal of Forestry Research*, 131: 945–964.
- PETRÁŠ R., PAJTÍK J. 1991. Sústava česko-slovenských objemových tabuliek dřevín. *Lesnícky časopis*, 37: 49–56.
- PRETZSCH H. 2000. Die Regeln von Reineke, Yoda und das Gesetz der räumlichen Allometrie. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 171: 205–210.
- REMEŠ J., BÍLEK L., FULÍN M. 2015. Vliv zpracování těžebních zbytků a následné mechanické přípravy půdy na chemické vlastnosti půd přirozených borů. *Zprávy lesnického výzkumu*, 60 (2): 138–146.
- SAARSALMI A., TAMMINEN P., KUKKOLA M., HAUTAJÄRVI R. 2010. Whole tree harvesting at clear-felling: Impact on soil chemistry, needle nutrient concentrations, and growth of Scots pine. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 25: 148–156.
- ŠRÁMEK V., LOMSKÝ B., NOVOTNÝ R. 2009. Hodnocení obsahu a zásoby živin v lesních porostech – literární přehled. *Zprávy lesnického výzkumu*, 54 (4): 307–315.

- TAMMINEN P., SAARSALMI A., SMOLANDER A., KUKKOLA M., HELMISAARI H.S. 2012. Effects of logging residue harvest in thinnings on amounts of soil carbon and nutrients in Scots pine and Norway spruce stands. *Forest Ecology and Management*, 263: 31–38.
- VACEK S., HEJCMAN M., SEMELOVÁ V., REMEŠ J., PODRÁZSKÝ V. 2009. Effect of soil chemical properties on growth, foliation and nutrition of Norway spruce stand affected by yellowing in the Bohemian Forest Mts., Czech Republic. *European Journal of Forestry Research*, 128: 367–375.
- VEJPUSTKOVÁ M., ČIHÁK T., ZAHRADNÍK D., ŠRÁMEK V. 2013. Metody stanovení nadzemní biomasy buku. *Lesnický průvodce*, 2013/1.
- WIRTH C., SCHUMACHER J., SCHULZE E. 2004. Generic biomass for Norway spruce in Central Europe – a meta-analysis approach toward prediction and uncertainty estimation. *Tree Physiology*, 24: 121–139.
- WUTZLER T., WIRTH C., SCHUMACHER J. 2008. Generic biomass function for Common Beech (*Fagus sylvatica*) in Central Europe: predictions and components of uncertainty. *Can. J. For. Res.*, 38: 1661–1675.
- ZIANIS D., MUUKKONEN P., MÄKIPÄÄ R., MENCUCCINI M. 2005. Biomass and stem volume equations for tree species in Europe. *Silva Fennica Monographs* 4. 63 p.

8.2 Seznam publikací, které předcházely metodice

- REMEŠ J., BÍLEK L., FULÍN M. 2015. Vliv zpracování těžebních zbytků a následné mechanické přípravy půdy na chemické vlastnosti půd přirozených borů. *Zprávy lesnického výzkumu*, 60 (2): 138–146.
- BÍLEK L., REMEŠ J., FULÍN M., CHALUPOVÁ T., PROCHÁZKA J. 2016. Množství a distribuce nadzemní biomasy borovice lesní v oblasti přirozených borů. *Zprávy lesnického výzkumu*, 61 (2): 108–114.
- REMEŠ J., BÍLEK L., JAHODA M. 2016. Vliv přípravy půdy a hnojení dřevěným popelem na růst sazenic borovice lesní, 61 (3): 197–202.

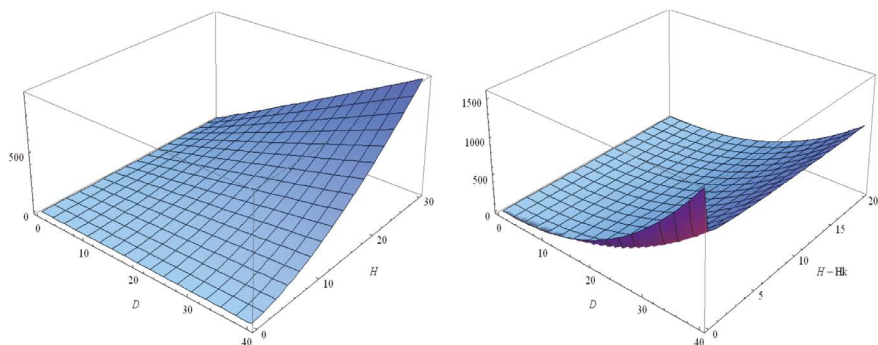
METHODS FOR DETERMINING THE QUANTITY OF ABOVEGROUND BIOMASS OF SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) IN FOREST MANAGEMENT UNITS 13 AND 23

Summary

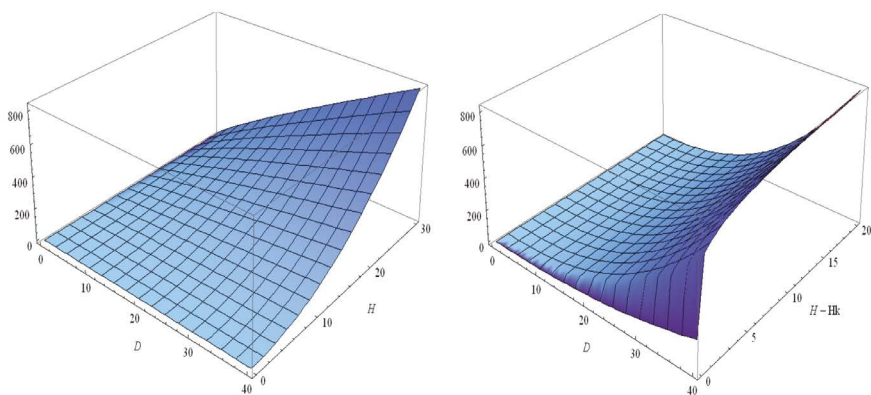
Complete use of wood residuals for energy purposes can decrease availability of nutrients in forest soils. Thus, nutrient depletion associated with wood biomass harvesting mainly on the poorest soils can lead to future losses of wood production and overall forest ecosystem impoverishment (MATERNA 1963; ŠRÁMEK et al. 2009; SAARSALMI et al. 2010). For responsible wood residuals management, better knowledge of biomass and nutrient distribution in trees and forest stands is needed. This is important particularly on the most susceptible sites with generally lower nutrient and/or water content. This methodology shows the distribution of above-ground biomass of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) (wood and bark of stem, wood and bark of thick and medium branches, biomass of thin branches and needles) on natural pine sites (acidic and nutrient-poor forest sites) in the conditions of the Czech Republic. The first part of this document provides detailed methodological guidance for the empirical determination of the aboveground biomass of Scots pine, by utilising destructive analysis. The data were collected in natural pine stands on acidic (2K) and nutrient-poor (0M) forest sites in the conditions of the Czech Republic in model locality of Municipal forest of Doksy, Ltd. Altogether 18 trees from natural pine sites (Tab. 1), each representing managed monospecific even-aged pine stands, were destructively sampled to obtain biomass components. Before sampling, temporary research plots were established in the forest stand to obtain stand summary characteristics such as standing volume, average height and dbh. Selected sample trees (within the range of ± 8 cm of average dbh and ± 3 m of average height) were measured both standing and felled on the ground. All basic dendrometric information was recorded, including tree diameter along the stem axis, tree height and height of the green crown (Fig. 1). The amount of biomass represented by the individual tree aboveground components included tree stem, dead and living branches and bark. The biomass components were assessed from direct measurements and weighing in situ and later before and after oven-drying in the laboratory. Biomass of particular tree components was assessed on the basis of fresh to dry weight ratio. In the second part of the methodology the best suited local models for the estimations of above-ground biomass of Scots pine based on

dendrometric characteristics of individual trees ($d_{1.3}$, h , h_k) are presented. For five types of tested allometric equations parameters were determined and coefficient of determination and error rate was calculated. Two models with best prediction of above-ground biomass for Scots pine were selected (Tab. 2 and 3).

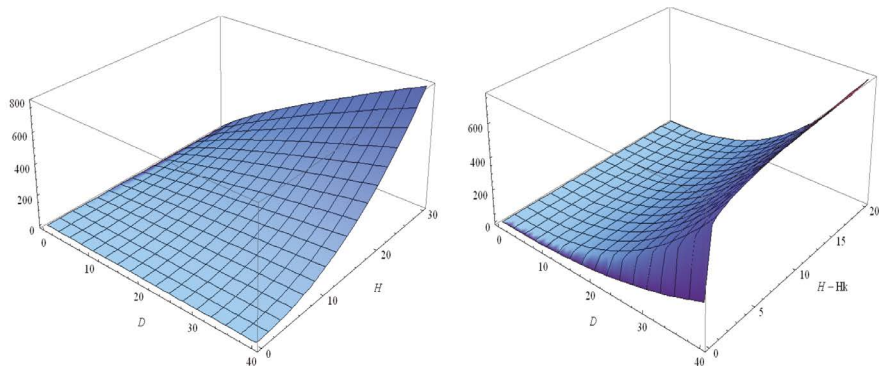
PŘÍLOHA



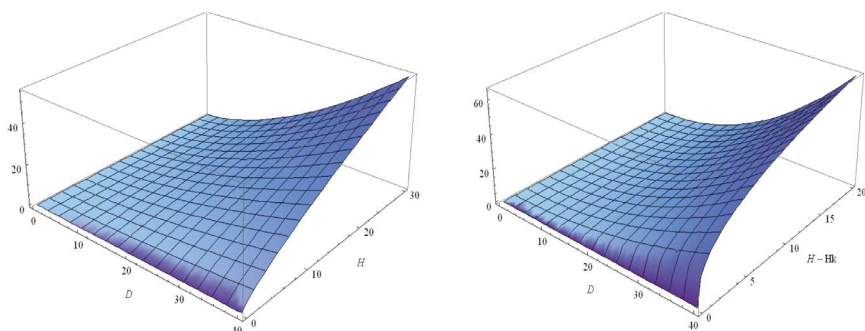
Obr. 1: Biomasa celého stromu, model (4) vlevo, model (5) vpravo.



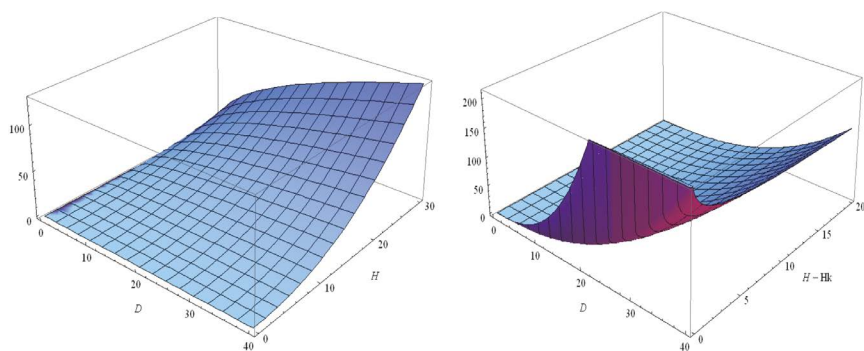
Obr. 2: Hroubí, celkem, model (4) vlevo, model (5) vpravo.



Obr. 3: Hroubí, dřevo, model (4) vlevo, model (5) vpravo.



Obr. 4: Hroubí, kůra, model (4) vlevo, model (5) vpravo.



Obr. 5: Nehroubí 1,5–7 cm, model (4) vlevo, model (5) vpravo.



Obr. 6: Pohled do porostu s pokácenými vzorníky (ML Doksy).



Obr. 7: Příprava vzorků pro odvoz do laboratoře (ML Doksy).



Obr. 8: Separace jednotlivých částí nadzemní biomasy borovice (ML Doksy).



Výzkumný ústav
lesního hospodářství
a myslivosti, v. v. i.

www.vulhm.cz

LESNICKÝ PRŮVODCE 18/2016